



Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012
Ottobrunn, DE

72 Erfinder:

Bschorr, Oskar, Dipl.-Ing. Dr., 8000 München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 11 88 656

54 Mikrofon zur Detektion und Ortung von Schallquellen

Konventionelle Mikrofone sind so ausgelegt, das zu vermessende Schallfeld möglichst nicht zu stören. Insbesondere ist aufgrund der großen Flußimpedanz der Mikrofone deren Antennenquerschnitt sehr klein. Dies ist auf der anderen Seite der Grund, daß solche Mikrofone auf turbulente Nahfeldstörungen, insbesondere Windgeräusche, sehr empfindlich sind. Um den Rauschabstand zwischen Nutz- und Stör-signalen zu vergrößern, wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, das Mikrofon (5) innerhalb eines Resonators (2) anzuordnen, der auf eine bestimmte Resonanzfrequenz abgestimmt ist. Der Resonator kann auch als Silator (2a) ausgebildet werden. Der Impedanzeinbruch bei der Resonanzfrequenz ermöglicht eine Anpassung an die Impedanz des umgebenden Mediums, so daß sich optimale große Antennenquerschnitte realisieren lassen. Durch die Schall-drucküberhöhung bei Resonanz verbessert sich die Mikrofonempfindlichkeit. Mit größer werdendem Antennenquerschnitt erhöht sich ebenfalls der Rauschabstand. Da die Form der Resonatoren frei gewählt werden kann, können diese in bestehende Leerräume, z. B. Flügel von Aufklärungsdrohnen, integriert werden.

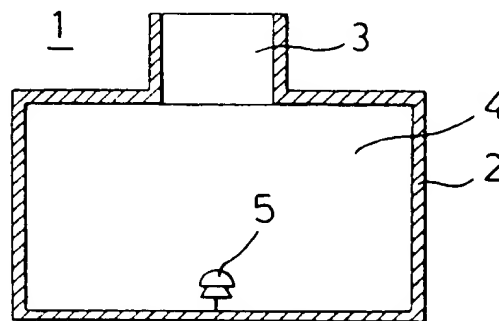


FIG. 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Mikrofon zur Detektion und Ortung von Schallquellen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Auflösung und Reichweite von Mikrofonen, insbesondere Außenmikrofonen, sind durch Störsignale, und hier insbesondere durch Windgeräusche, begrenzt. Die konventionellen Windschirme und Nasenkonuse verbessern zwar den Rauschabstand, eine weitere Unterdrückung der Windgeräusche um 6–8 dB würde jedoch die Hörweite bereits verdoppeln.

In der DE-PS 11 88 656 ist ein elektroakustischer Wandler, insbesondere für einen Telefonhörer dargestellt, der zur Verbesserung des Frequenzganges einen Resonatorraum aufweist. Hiermit werden Resonanzspitzen in dem Frequenzgang absorbiert. Ein solcherart aufgebautes Mikrofon kann zur Messung von Schallsignalen, insbesondere in Strömungen, praktisch nicht verwendet werden, und zwar auch wegen des geringen Antennenquerschnittes.

Der sog. Antennenquerschnitt der bekannten Mikrofontypen, wie Kondensatormikrofonen, dynamischen Mikrofonen, Piezomikrofonen etc., ist wegen der großen akustischen Flußimpedanz extrem klein. Bei Meßmikrofonen ist dieses auch erforderlich, damit das zu vermessende Schallfeld durch das Meßmittel nicht verfälscht wird. Bei vielen Beobachtungsaufgaben ist diese Eigenschaft jedoch nicht bestimmend, so z.B. bei der Detektion von Schallquellen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Mikrofon der in Rede stehenden Art anzugeben, das besonders ausgelegt ist für Messungen in Strömungen, wobei eine erhebliche Vergrößerung des Rauschabstandes von Nutzsignal zu Störsignal, insbesondere Windgeräuschen, erreicht werden soll.

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Demgemäß wird mit der Erfindung ein z.B. herkömmliches Druckmikrofon in dem Inneren eines Resonators angeordnet, insbesondere in einem Helmholtz- oder $\lambda/4$ -Resonator oder einem Silator. Das gesamte Mikrofon wird im folgenden als Resonatormikrofon bezeichnet.

Bekanntlich kann man mit Resonatoren der angegebenen Art die Absorptionsfläche bei Resonanzfrequenz bis zu $\lambda^2/4\pi$ im Freifeld und $\lambda^2/2\pi$ an einer schallharten Wand erreichen, wobei λ die Schallwellenlänge bei Resonanz ist. Die Absorptionsfläche und damit der Antennenquerschnitt eines solchen, z.B. auf 20 Hz abgestimmten Resonatormikrofons beträgt hiermit 22,8 m², bzw. 45,6 m². Die maximal erreichbaren Antennenquerschnitte werden u.a. von der räumlichen Korrelationslänge des Schallsignals bestimmt. Diese ist für Schall- und Winddruckstörungen unterschiedlich, und zwar für Windgeräusche wesentlich kürzer als für Nutzsignale. Eine Vergrößerung des akustischen Antennenquerschnitts verbessert damit das Verhältnis von Nutz- zu Störsignal.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung werden zur Detektion von breitbandigen Schallsignalen mehrere, auf verschiedenen Frequenzen abgestimmte Resonatormikrofone verwendet. Zweckmäßigerweise erhalten die Resonatoren in an sich bekannter Weise eine innere Dämpfung, um einen breiteren Frequenzbereich zu erfassen und um ein rascheres Einschwingen zu erhalten.

Nach einem weiteren Erfindungsmerkmal werden

verstimmbare Resonatoren verwendet, bei denen sich Frequenz und Flußresistenz durch Resonatormasse, -federung und Dämpfung verstellen lassen. Damit ist es möglich, eine Dopplerverschiebung des Zielobjektes nachzuregeln. Im weiteren ist eine Frequenzoszillation um die Peilfrequenz vorzunehmen.

Als hermetisch abgeschlossener Resonator kann ein teilweise evakuierter Silator verwendet werden. Es handelt sich hierbei um eine linsenförmig geformte Kammer, wobei die Kammerwandungen als Feder/Masse-System wirken. Die linsenförmige Verwölbung zusammen mit der Unterdruckbelastung gibt eine herabgesetzte Eigensteifigkeit.

Um die Windgeräusche weiter zu reduzieren, wird bevorzugt die Resonatoröffnung durch Drahtgitter, Schaumstoff und/oder dünnwandige Folien in ein- oder mehrfacher Schichtung geschützt.

Da die Winddruckstörung nur eine geringe Korrelationslänge aufweist, werden bevorzugt Helmholtz-Resonatoren mit mehreren Öffnungen verwendet, deren gegenseitiger Abstand ungefähr der Korrelationslänge der Winddruckstörungen entspricht. Die akustischen Laufwege zu den einzelnen Öffnungen sollten kleiner als die halbe Wellenlänge bei Resonanz sein, um keinen Interferenzverlust zu haben.

Nach einem weiteren Erfindungsmerkmal werden Helmholtz-Resonatoren mit mehreren Öffnungen verwendet, die mit Membranen unterschiedlicher Federsteifigkeit und Masse verschlossen sind. Eine solche Anordnung ergibt bei gleichem Resonatorvolumen mehrere Resonanzfrequenzen.

Für Ortungszwecke werden zwei auf gleiche Frequenz abgestimmte Resonatormikrofone verwendet. Aus deren gegenseitigem Abstand – der Basis – und der Phasenlage von Summen- und Differenzsignal läßt sich in an sich bekannter Weise die Einfallsrichtung des Schalls bestimmen. Die beiden oder auch mehrere Resonanzmikrofone können mit ihrer Peilbasis rotieren.

Zur Richtungsbestimmung können mehrere Resonanzmikrofone in Arrays angeordnet werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Erfindung ist in Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. Hierbei stellen dar:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Grundausführung eines Resonanzmikrofons gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine Mikrofonanordnung aus mehreren verschiedenen abgestimmten Resonanzmikrofonen;

Fig. 3 ein Resonanzmikrofon gemäß der Erfindung mit einem verstimmbaren Resonator;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Resonanzmikrofons, bei dem der Resonator als Silator ausgebildet ist;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Resonanzmikrofons gemäß der Erfindung mit einem zusätzlichen Windschutz;

Fig. 6 ein Resonanzmikrofon mit einem Resonator mit mehreren Resonatoröffnungen;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Resonanzmikrofons mit einem Resonator mit mehreren, mit Membranen verschlossenen Resonatoröffnungen;

Fig. 8 eine Mikrofonanordnung aus zwei gleich abgestimmten Resonanzmikrofonen gemäß der Erfindung und

Fig. 9 eine Mikrofonanordnung aus zwei Resonanzmikrofonen gemäß der Erfindung, die um den Mittelpunkt einer gemeinsamen Peilbasis drehbar angeordnet

sind.

In den Figuren sind gleiche bzw. gleich wirkende Teile mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet.

In Fig. 1 ist im Schnitt die Grundaufbau eines Resonanzmikrofones 1 aus einem Resonator 2, in diesem Falle einem Helmholtz-Resonator, mit einer Resonatoröffnung 3 und einem Resonatorvolumen 4, d.h. dem Inneren des Resonators 2, und aus einem Mikrofon 5 dargestellt, das im Inneren 4 des Resonators angeordnet ist. Die Dimension der Resonatoröffnung 3 und das Resonatorvolumen 4 werden in an sich bekannter Weise auf die gewünschte Resonanzfrequenz, Dämpfung und Flußimpedanz abgestimmt.

Die Resonatoröffnung 3 sowie die Masse der darin befindlichen Luft und die Feder/Dämpfungseigenschaft des Resonatorvolumens 4 bilden einen akustischen Filter mit Durchlaß im Bereich der eingestellten Resonanzfrequenz. Gleichzeitig erfolgt durch den Resonator eine Verstärkung des durch die Resonatoröffnung einfallenden Schallsignales am Mikrofon 5.

Wesentlich ist die Anpassung der Flußimpedanz des Resonanzmikrofons an die Feldimpedanz des Umgebungsmediums, z.B. Luft. Bekanntlich lassen sich damit Absorptionsquerschnitte bis $\lambda^2/4\pi$ unter Freifeldbedingungen erreichen, wobei λ die Schallwellenlänge bei Resonanz ist. Da die turbulenten Winddruckstörungen nur über eine verringerte Strecke korreliert sind, wirken bei Schall und Turbulenz unterschiedliche Antennenquerschnitte mit einer Verbesserung des Verhältnisses von Nutzsignal zu Rauschsignal.

In Fig. 2 ist schematisch eine Mikrofonanordnung aus vier Resonanzmikrofonen 1a, 1b, 1c und 1d gezeigt, wobei die einzelnen Resonanzmikrofone gemäß Fig. 1 ausgestaltet sind, demnach jeweils einen Resonator 2 mit einer Resonatoröffnung 3 und einem Mikrofon 5 aufweisen. Die einzelnen Resonatoren sind durch entsprechende Dimensionierung ihres Resonatorvolumens und der Resonatoröffnung auf unterschiedliche Resonanzfrequenzen abgestimmt, so daß mit der in Fig. 2 dargestellten Mikrofonanordnung ein breitbandiges Frequenzspektrum aufgenommen werden kann.

Das Resonanzmikrofon 1 gemäß Fig. 3 weist wiederum einen Resonator 2 mit einer Resonatoröffnung 3 sowie ein am Boden des Resonators 2 angeordnetes Mikrofon 5 auf. Unterhalb der Resonatoröffnung 3 ist eine Blende 6 gelegen, die parallel zu der Bodenfläche des Resonators angeordnet ist. Diese Blende 6 ist mit einem außerhalb des Resonators 2 gelegenen Verstellmechanismus 8 verbunden, mit dem die Blende 6 in Richtung des Doppelpfeiles auf die Resonatoröffnung 3 zu und von dieser weg verschoben werden kann. Durch Verstellen der Blende 6 kann der Öffnungsquerschnitt des Resonators und/oder dessen Öffnungslänge verstellt und das Resonatorvolumen dadurch variiert werden. Auf diese Weise ist dieser Resonator innerhalb eines Frequenzspektrums auf eine gewünschte Resonanzfrequenz einzustellen.

In Fig. 4 ist ein Resonanzmikrofon 1 gezeigt, bei dem der Resonator als Silator 2a ausgebildet ist. Dieser Silator hat im Querschnitt eine etwa linsenförmige Konfiguration, wobei die Wände 9 relativ steif, jedoch leicht ausgebildet sind und z.B. aus einer Wabenstruktur bestehen. Am Umfang des Silators ist ein Haltering 10 vorgesehen, der die Wände nach außen abschließt. Der Silator ist ein nach außen vollkommen hermetisch abgeschlossenes System, dessen Innenraum zumindest teilweise evakuiert ist. In diesem Innenraum ist wiederum ein Mikrofon 5 gelegen. Eine Resonatoröffnung ist bei

dieser Konstruktion nicht notwendig. Die auf das Resonanzmikrofon 1 auffallenden Schallwellen werden mit der Resonanzfrequenz des Silators in das Innere geleitet, verstärkt und von dem Mikrofon 5 aufgenommen. Die Wölbung der Silatorwandung 9 ergibt zusammen mit der Druckbelastung eine niedrige Resonanzfrequenz.

In Fig. 5 ist ein Resonanzmikrofon 1 gezeigt, dessen Grundkonstruktion mit Resonator und Mikrofon derjenigen gemäß Fig. 1 entspricht. In und oberhalb der Resonatoröffnung 3 ist ein zusätzlicher Windschutz 11, z.B. aus einem offenporigen Schaumstoff, vorgesehen. In gleicher Weise wirken Siebabdeckungen und dünnwandige Folien, die zur Erhöhung des Windschutzes auch in mehreren Lagen übereinander angeordnet werden können.

Das Resonanzmikrofon 1 gemäß Fig. 6 weist wiederum einen Resonator 2 mit dem Resonatorvolumen 4 und ein am Boden des Resonators 2 angeordnetes Mikrofon 5 auf. Anstelle einer einzigen Resonatoröffnung sind hierbei mehrere, in diesem Falle drei Resonatoröffnungen 3a, 3b und 3c vorgesehen. Der gegenseitige Abstand der einzelnen Resonatoröffnungen kann und sollte gleich oder größer der Korrelationslänge der auftretenden Winddruckstörungen sein.

Das Resonanzmikrofon 1 gemäß Fig. 7 ist gegenüber der Ausführung in Fig. 6 dahingehend modifiziert, daß die Resonatoröffnungen 3a, 3b und 3c zusätzlich jeweils mit einer Membran 12 abgeschlossen sind, deren Massen und Federungseigenschaften jeweils unterschiedlich sind. Durch eine solche Ausbildung eines Resonanzmikrofones kann dieses auf unterschiedliche Resonanzfrequenzen abgestimmt werden.

Bei den Resonanzmikrofonen gemäß den Fig. 1, 3, 5, 6 und 7 ist der Resonator 2 jeweils als quaderförmiger Kasten angegeben. Selbstverständlich ist diese Form nicht zwingend und spielt für die Resonanzfrequenz im wesentlichen auch keine Rolle. Diese Form kann daher an den jeweiligen Anwendungsfall angepaßt werden. So kann z.B. die Tragfläche oder zumindest ein Teil der Tragfläche einer akustischen Aufklärungsdrohne als Resonator ausgebildet werden.

In Fig. 8 ist ein zweipoliges Resonanzmikrofon 1 aus zwei gleich abgestimmten Resonanzmikrofonen 1e und 1f dargestellt, die wiederum jeweils aus einem Resonator mit einer Resonatoröffnung und einem Mikrofon 5 bestehen. Die Resonatoren sind mit ihrer Bodenfläche miteinander verbunden, so daß die Resonatoröffnungen 3 sich diametral gegenüberliegen. Der Abstand der Resonatoröffnungen 3 bestimmt die sog. Peilbasis des Resonanzmikrofones und sollte an sich möglichst groß gewählt werden. Eine Basislänge von z.B. der halben Wellenlänge des zu erfassenden Schallsignales eignet sich hierbei gut zur Richtungsbestimmung des von einer Schallquelle ausgehenden Schallsignales. Für eine Richtungsbestimmung werden die Summen- und Differenzsignale der beiden Resonanzmikrofone 1e und 1f in bekannter Weise ausgewertet. Diese Mikrofonanordnung kann zusätzlich um eine Mittelachse A drehbar angeordnet werden, die senkrecht auf der Verbindungslinie zwischen den Resonatoröffnungen 3 steht. Mit einem solchen Peil-Resonanzmikrofon kann die Umgebung nach Schallquellen abgetastet werden.

Eine ähnliche Anordnung eines Resonanzmikrofones 1 ist in Fig. 9 gezeigt. Hierbei sind zwei Resonanzmikrofone 1g und 1h auf einer gemeinsamen Peilbasis 13 angeordnet, wobei die Resonatoröffnungen 3 der Resonatoren 2 jeweils in die gleiche Richtung, in diesem Falle

senkrecht zur Peilbasis 13 weisen. Die Peilbasis 13 ist um eine Mittelachse A in Richtung des Pfeiles verdrehbar. Auch mit dieser Mikrofonanordnung kann die Umgebung nach Schallquellen abgetastet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Detektion und Ortung von Schallquellen mit einem Mikrofon und einem Resonator zum Unterdrücken von Stör- und insbesondere Windgeräuschen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Mikrofon (5) im Inneren des Resonators (2) angeordnet ist. 10
2. Mikrofon nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator ein Helmholtz- oder $\lambda/4$ -Resonator (2) mit zumindest einer Resonatoröffnung (3) ist. 15
3. Mikrofon nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator ein zumindest teilweise evakuierter Silator (2a) ist. 20
4. Mikrofon nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator ein verstimmbarer Resonator (2, 6) ist.
5. Mikrofon nach einem der Ansprüche 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator (2) mehrere Resonatoröffnungen (3a, 3b, 3c) aufweist. 25
6. Mikrofon nach einem der Ansprüche 2, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonatoröffnung bzw. die Resonatoröffnungen (3a, 3b, 3c) des Resonators (2) mit Membranen (12) abgeschlossen sind, die auf eine bestimmte Eigenfrequenz abgestimmt sind. 30
7. Mikrofon nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Resonanzmikrofon einen Windschutz (11) aus offenporigem Schaumstoff, Gittern oder Folien in einer oder mehreren Lagen aufweist. 35
8. Mikrofon nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Resonanzmikrofone (1a, 1b, 1c, 1d) mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen zu einer Mikrofonanordnung zusammengefaßt sind. 40
9. Mikrofon nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei gleich abgestimmte Resonanzmikrofone (1e, 1f; 1g, 1h) zu einer gemeinsamen Mikrofonanordnung mit einer Peilbasis (13) zusammengefaßt sind. 45
10. Mikrofon nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofonanordnung um eine vorzugsweise mittige Drehachse (A) der Peilbasis drehbar ist. 50

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

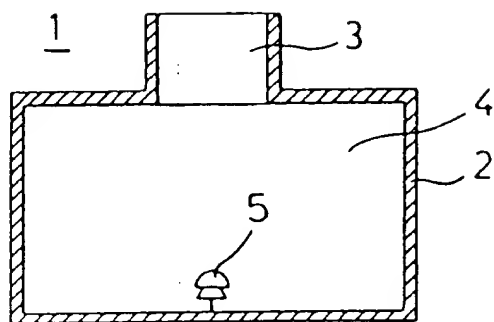


FIG. 1

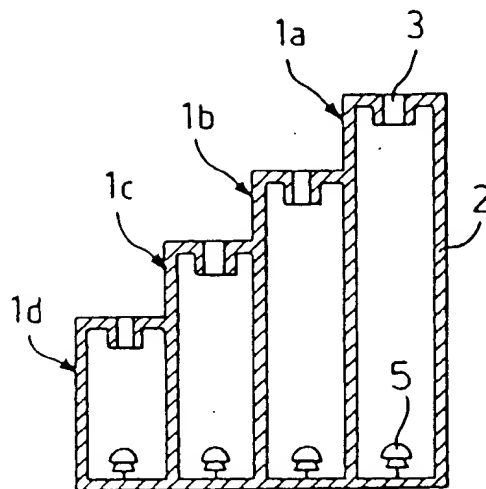


FIG. 2

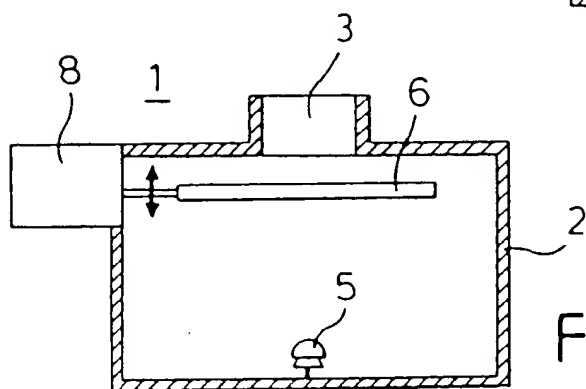


FIG. 3

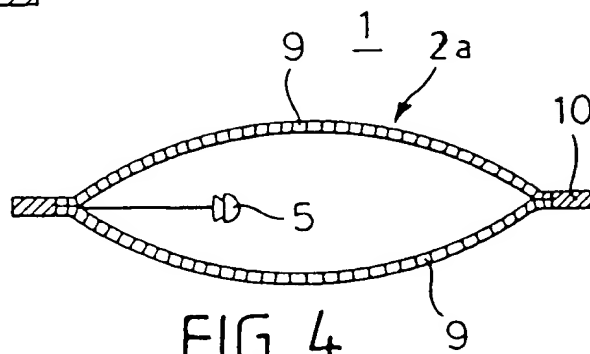


FIG. 4

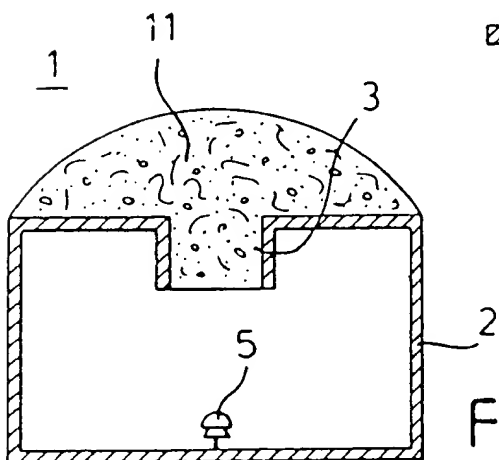


FIG. 5

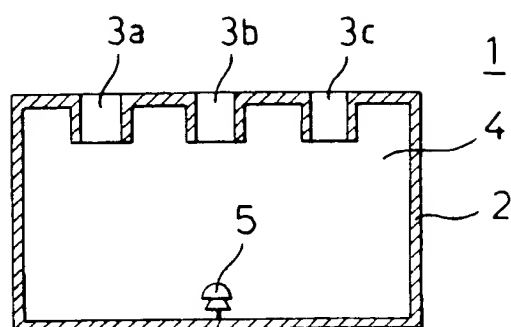


FIG. 6

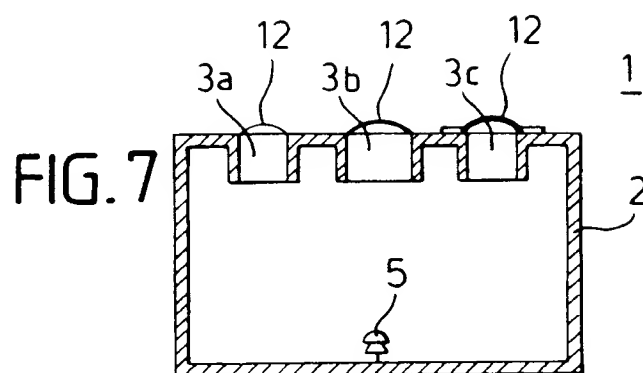


FIG. 7

FIG. 8

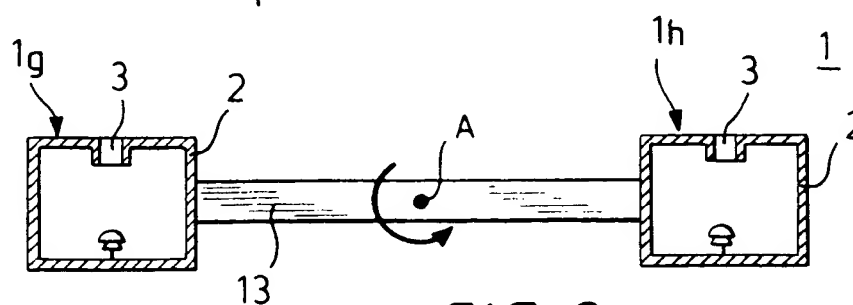
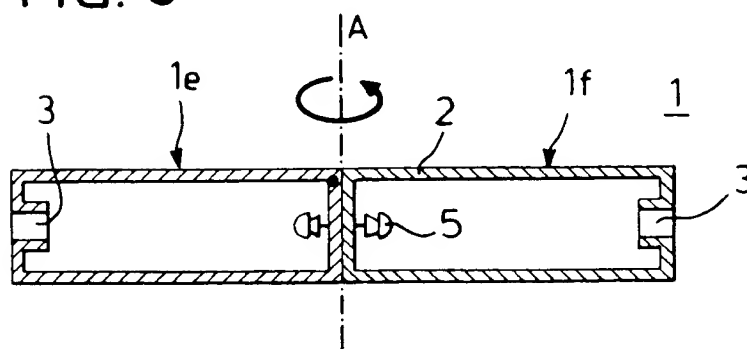


FIG. 9